

COMPORTAREA ÎN TIMP A COȘURILOR DE FUM INDUSTRIALE DIN BETON ARMAT

PANAITE MAZILU, DUMITREL FURIȘ, DAN CREȚU

Universitatea Tehnică de Construcții București

LAURENȚIU NAUM

S.C. GIP GRUP S.A. București

COMPORTAREA ÎN TIMP A COȘURILOR INDUSTRIALE DIN BETON ARMAT DIN ROMÂNIA

Starea tehnică actuală a numeroase coșuri de fum este departe de a fi mulțumitoare, avariile pe care acestea le înregistrează fiind un semnal de alarmă în ceea ce privește siguranța lor viitoare atât din punctul de vedere al exploatării normale, cât și al riscului seismic.

COMPORTAREA ÎN TIMP A COȘURILOR INDUSTRIALE DIN BETON ARMAT DIN ROMÂNIA

Astăzi, în România sunt în funcțiune circa 200 coșuri industriale din beton armat a căror înălțime variază între 60 m și 280 m, cea mai înaltă structură de acest gen fiind realizată la Uzina de Metale Neferoase din Baia Mare, cu o înălțime de 350 m.

COMPORTAREA ÎN TIMP A COȘURILOR INDUSTRIALE DIN BETON ARMAT DIN ROMÂNIA



Termocentrala
Ișalnița

COMPORTAREA ÎN TIMP A COȘURILOR INDUSTRIALE DIN BETON ARMAT DIN ROMÂNIA



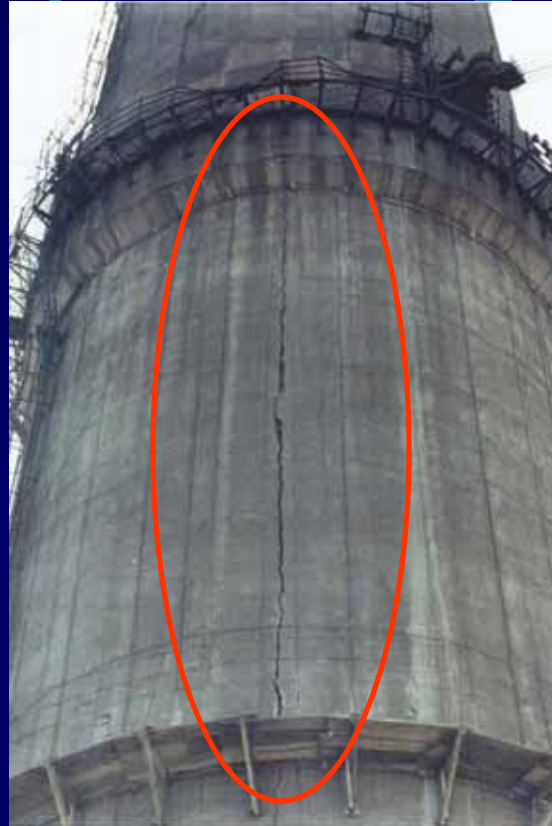
Termocentrala
Rovinari

COMPORTAREA ÎN TIMP A COȘURILOR INDUSTRIALE DIN BETON ARMAT DIN ROMÂNIA

O analiză mai atentă a structurii coșurilor de la centralele termoelectrice (Ișalnița, Rovinari, Deva, Palas Constanța) și de la combinatele petrochimice (Brazi, Pitești) a evidențiat o comportare necorespunzătoare la acțiunea termică și chimică, înregistrându-se, în majoritatea cazurilor, următoarele avarii tipice:

COMPORTAREA ÎN TIMP A COȘURILOR INDUSTRIALE DIN BETON ARMAT DIN ROMÂNIA

- dezvoltarea unor fisuri și crăpături verticale care depășesc cu mult condițiile exploataării normale



COMPORTAREA ÎN TIMP A COȘURILOR INDUSTRIALE DIN BETON ARMAT DIN ROMÂNIA



COMPORTAREA ÎN TIMP A COȘURILOR INDUSTRIALE DIN BETON ARMAT DIN ROMÂNIA

Alte avarii tipice:

- fisurarea și crăparea zidăriei antiacide interioare
- degradarea izolațiilor termice
- atacul chimic de tip acido-sulfatic asupra suprafeței interioare a betonului pe adâncimi de 3 - 4 cm, însoțite de scăderea Ph-ului betonului
- deteriorarea betonului și armăturilor din consolele de susținere a izolațiilor termice și a zidăriei, ca urmare a atacului chimic

COMPORTAREA ÎN TIMP A COȘURILOR INDUSTRIALE DIN BETON ARMAT DIN ROMÂNIA

De remarcat faptul că la cele două coșuri de la **termocentrala Rovinari** s-a produs, de-a lungul a două crăpături, **ruperea armăturilor inelare** ca urmare a unei alcătuirii structurale atipice și a dezvoltării unei stări de eforturi din acțiunea termică și vânt mult peste capacitatea portantă a structurii.

COMPORTAREA ÎN TIMP A COȘURILOR INDUSTRIALE DIN BETON ARMAT DIN ROMÂNIA

Ruperea armăturilor inelare



COMPORTAREA ÎN TIMP A COȘURILOR INDUSTRIALE DIN BETON ARMAT DIN ROMÂNIA

Principalele cauze ale comportării necorespunzătoare la acțiunea termică și chimică:

- exploatarea intensivă a coșurilor la temperaturi ale gazelor evacuate uneori peste limita luată în calcul
- lipsa oricăror măsuri de mentenanță, timp îndelungat

COMPORTAREA ÎN TIMP A COȘURILOR INDUSTRIALE DIN BETON ARMAT DIN ROMÂNIA

Alte cauze ale avariilor:

- utilizarea, în unele cazuri, a unor materiale termoizolante și de protecție anticorozivă mai puțin performante, care și-au diminuat caracteristica de izolare în timp

COMPORTAREA ÎN TIMP A COȘURILOR INDUSTRIALE DIN BETON ARMAT DIN ROMÂNIA

Alte cauze ale avariilor:

- armarea inelară insuficientă la marea majoritate a coșurilor, ca urmare a unor aprecieri mai puțin potrivite privind rigiditatea axială și la încovoiere a structurii de tip placă curbă tronconică în diverse stadii de lucru ale betonului și, ca o consecință, subevaluării stării de eforturi din acțiunea variațiilor de temperatură

COMPORTAREA ÎN TIMP A COȘURILOR INDUSTRIALE DIN BETON ARMAT DIN ROMÂNIA

Din analizele prin calcul efectuate, și ținând cont de prevederile normativelor actuale pentru proiectarea și execuția coșurilor industriale din beton armat, considerăm că acestea trebuie urgent revizuite și completate referitor la următoarea problematică:

COMPORTAREA ÎN TIMP A COȘURILOR INDUSTRIALE DIN BETON ARMAT DIN ROMÂNIA

- definierea corectă a câmpului termic ce solicită structura prin efectuarea calculelor de transfer termic atât în sezonul de vară cât și în cel de iarnă, ținând cont de variația temperaturilor interioare și exterioare și de alcătuirea structurală

COMPORTAREA ÎN TIMP A COȘURILOR INDUSTRIALE DIN BETON ARMAT DIN ROMÂNIA

- explicitarea rigidităților de membrană și la încovoiere ce trebuie luate în calcul pentru a defini corect starea de eforturi în structură din acțiunea celor două componente ale câmpului termic, dat fiind cunoscut faptul că mărimea eforturilor depinde direct de valoarea rigidităților introduse în calcule

COMPORTAREA ÎN TIMP A COȘURILOR INDUSTRIALE DIN BETON ARMAT DIN ROMÂNIA

- revizuirea modului de suprapunere a efectelor din acțiunea termică și acțiunea vântului
- analiza mai atentă a verificărilor în diferite grupări de acțiuni, ținând cont că acțiunea termică este practic permanentă, iar deschiderea fisurilor trebuie strict controlată, dat fiind faptul că nu se pot împiedica în totalitate efectele acțiunilor corozive

COMPORTAREA ÎN TIMP A COȘURILOR INDUSTRIALE DIN BETON ARMAT DIN ROMÂNIA

Coșul de fum din cadrul **CET Ișalnița** a prezentat, conform proiectului inițial al lucrării, elaborat în 1966, următoarele caracteristici tehnice:

- înălțimea $H = 200$ m
- fundarea pe marnă, la o adâncime de circa 10 m, pe un inel circular având raza interioară 13 m și raza exterioară 19,2 m

COMPORTAREA ÎN TIMP A COȘURILOR INDUSTRIALE DIN BETON ARMAT DIN ROMÂNIA

Coșul de fum - CET Ișalnița

- izolația termică din kieselgur
- izolația anticorozivă din cărămidă antiacidă
- armarea structurii s-a făcut cu bare longitudinale și inelare din oțel neted OB 37, dispuse pe o singură față, cea exterioară

COMPORTAREA ÎN TIMP A COȘURILOR INDUSTRIALE DIN BETON ARMAT DIN ROMÂNIA

Coșul de fum - CET Ișalnița, **avarii:**

- producerea de fisuri verticale, uniform repartizate, a căror deschidere a variat între 0,2 și 0,6 mm; fisurile s-au produs în principal în zona golurilor create de extragerea tijelor de glisare
- fisurarea și, local, crăparea zidăriei din cărămidă antiacidă

COMPORTAREA ÎN TIMP A COȘURILOR INDUSTRIALE DIN BETON ARMAT DIN ROMÂNIA

Coșul de fum - CET Ișalnița, **avarii:**

- degradarea izolației termice din kieselgur
- atacul chimic de tip sulfatic asupra suprafeței interioare a betonului pe o adâncime de 3 - 4 cm, Ph-ul betonului ajungând la 8 - 8,5

COMPORTAREA ÎN TIMP A COȘURILOR INDUSTRIALE DIN BETON ARMAT DIN ROMÂNIA

Coșul de fum - CET Ișalnița, **reabilitare:**

- îndepărtarea zidăriei și a izolației termice din kieselgur
- îndepărtarea betonului atacat chimic din console și de la fața interioară, pe o adâncime de 3 - 4 cm

COMPORTAREA ÎN TIMP A COȘURILOR INDUSTRIALE DIN BETON ARMAT DIN ROMÂNIA

Coșul de fum - CET Ișalnița, reabilitare:

- executarea unor lucrări de restabilire a continuității structurii, prin injectarea fisurilor și a golurilor rămase de la tijele de glisare cu materiale pe bază de ciment a căror finețe s-a situat la circa 12 microni
- sablarea suprafeței interioare și neutralizarea acesteia

COMPORTAREA ÎN TIMP A COȘURILOR INDUSTRIALE DIN BETON ARMAT DIN ROMÂNIA

Coșul de fum - CET Ișalnița, **reabilitare:**

- refacerea izolației termice și anticorozive utilizând un sistem de materiale performant PENNGUARD BLOK SYSTEM
- introducerea unei precomprimări inelare capabilă, ținând cont de armătura inelară existentă, să limiteze deschiderea fisurilor sub 0,2 mm

COMPORTAREA ÎN TIMP A COȘURILOR INDUSTRIALE DIN BETON ARMAT DIN ROMÂNIA

Coșul de fum - CET Ișalnița, **reabilitare:**

Precomprimarea structurii s-a realizat cu inele realizate din platbande din oțel cu granulație fină, tensionate cu șuruburi de înaltă rezistență.

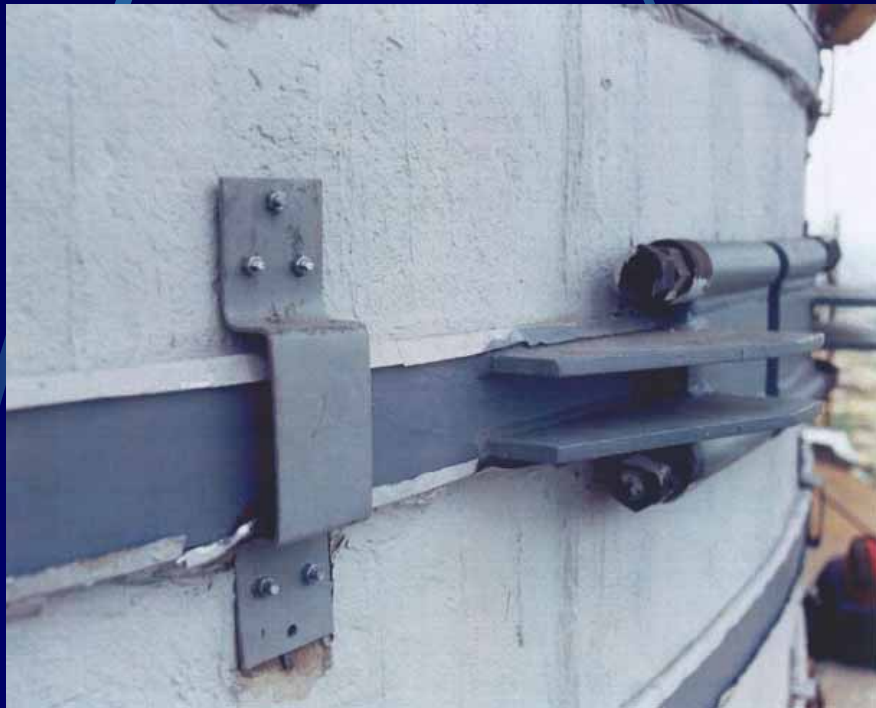
COMPORTAREA ÎN TIMP A COȘURILOR INDUSTRIALE DIN BETON ARMAT DIN ROMÂNIA

Inele de postcomprimare la CET Deva și CET Rovinari



COMPORTAREA ÎN TIMP A COȘURILOR INDUSTRIALE DIN BETON ARMAT DIN ROMÂNIA

Inele de postcomprimare la CET Deva și CET Rovinari



COMPORTAREA ÎN TIMP A COȘURILOR INDUSTRIALE DIN BETON ARMAT DIN ROMÂNIA

Opțiunea pentru acest sistem de precomprimare a fost determinată de:

- imposibilitatea introducerii eforturilor de compresiune necesare cu sistemele existente
- utilizarea unui material mai puțin sensibil la coroziune
- necesitatea introducerii în etape a forțelor de precomprimare și asigurarea controlului mai riguros pe parcursul efectuării operațiilor de tensionare

COMPORTAREA ÎN TIMP A COȘURILOR INDUSTRIALE DIN BETON ARMAT DIN ROMÂNIA

Opțiunea pentru sistemul PENNGUARD a fost determinată de:

- este singurul sistem ce asigură atât o bună izolare termică, cât și o protecție anticorozivă eficientă
- necesitatea păstrării eforturilor axiale pe structura coșului, astfel încât pe noua configurație structurală să se atingă nivelul de protecție antiseismică cerut de codul P100-92

COMPORTAREA ÎN TIMP A COȘURILOR INDUSTRIALE DIN BETON ARMAT DIN ROMÂNIA

- caracteristicile fizico-mecanice și de durabilitate sporite ale sistemului PENNGUARD
- garanțiile oferite de producător cu privire la o durabilitate de minim 15 ani

COMPORTAREA ÎN TIMP A COȘURILOR INDUSTRIALE DIN BETON ARMAT DIN ROMÂNIA

Coșul de fum - CET Rovinari, cauzele avariilor:

- Avarierea coșului s-a produs sub efectele combinate ale acțiunii termice și a vântului, prin crăparea pereților și ruperea armăturilor inelare de-a lungul a două generatoare.

COMPORTAREA ÎN TIMP A COȘURILOR INDUSTRIALE DIN BETON ARMAT DIN ROMÂNIA

Coșul de fum - CET Rovinari, cauzele avariilor:

- Crăparea structurii și ruperea armăturilor s-au produs ca urmare a concentrării eforturilor din acțiunea termică, determinată atât de variația bruscă de rigiditate, cât și datorită necorelării gradului de izolare termică cu variația de grosime.
- Armarea inelară a fost mult subdimensionată.

COMPORTAREA ÎN TIMP A COȘURILOR INDUSTRIALE DIN BETON ARMAT DIN ROMÂNIA

Alte degradări, comune tuturor coșurilor de fum:

- fisuri verticale cu deschideri între 0,2 și 0,6 mm
- crăparea zidăriei și a izolației termice din foamglass lipită de perete
- atacul chimic de tip sulfatic asupra betonului și în special în zona crăpăturilor

COMPORTAREA ÎN TIMP A COȘURILOR INDUSTRIALE DIN BETON ARMAT DIN ROMÂNIA

Coșul de fum - CET Rovinari, reabilitare - consolidare:

- îndepărtarea zidăriei și a izolației termice interioare
- restabilirea continuității armăturilor rupte, prin sudură



COMPORTAREA ÎN TIMP A COȘURILOR INDUSTRIALE DIN BETON ARMAT DIN ROMÂNIA

Coșul de fum - CET Rovinari, **reabilitare - consolidare:**

- restabilirea continuității betonului prin betonarea crăpăturilor cu microbeton aditivat



COMPORTAREA ÎN TIMP A COȘURILOR INDUSTRIALE DIN BETON ARMAT DIN ROMÂNIA

Coșul de fum - CET Rovinari, **reabilitare - consolidare:**

- sablarea interioară și repararea locală a suprafețelor betonului, inclusiv consolele de susținere a izolației termice și a zidăriei
- aplicarea unei izolații anticorozive atât la interior, cât și la exteriorul coșului

COMPORTAREA ÎN TIMP A COȘURILOR INDUSTRIALE DIN BETON ARMAT DIN ROMÂNIA

Coșul de fum - CET Rovinari, **reabilitare - consolidare:**

- redimensionarea și refacerea izolației termice cu vată minerală tip rockwool, corelând gradul de izolare termică cu variația de grosime și nivelul de precomprimare ce putea fi introdus
- precomprimarea inelară a structurii cu inele din platbande tensionate cu șuruburi de înaltă rezistență

COMPORTAREA ÎN TIMP A COȘURILOR INDUSTRIALE DIN BETON ARMAT DIN ROMÂNIA

Coșul de fum - CET Rovinari, **reabilitare - consolidare:**

- **protecția izolației termice cu zidărie din cărămidă antiacidă nut și feder**

COMPORTAREA ÎN TIMP A COȘURILOR INDUSTRIALE DIN BETON ARMAT DIN ROMÂNIA

Comportarea în timp a structurii coșurilor industriale din România a fost determinată de:

- **caracteristicile climatice și hidrogeologice ale amplasamentelor**
- **seismicitatea teritoriului României**
- **concepția structurală, tipul structurii adoptate și condițiile de fundare**

COMPORTAREA ÎN TIMP A COȘURILOR INDUSTRIALE DIN BETON ARMAT DIN ROMÂNIA

Comportarea în timp a structurii coșurilor industriale din România a fost determinată de:

- **caracteristicile și proprietățile fizico-mecanice ale materialelor utilizate atât pentru realizarea structurii, cât și ale materialelor de izolare termică și anticorozivă**
- **calitatea execuției**
- **nivelul de cunoaștere existent la un moment dat și calitatea proiectelor**

COMPORTAREA ÎN TIMP A COȘURILOR INDUSTRIALE DIN BETON ARMAT DIN ROMÂNIA

Varietatea soluțiilor adoptate și a materialelor utilizate demonstrează că nu a existat o concepție unitară în proiectarea și realizarea acestor lucrări și, în multe cazuri, soluțiile nu au ținut cont de evoluția tehnologică în domeniu.

COMPORTAREA ÎN TIMP A COȘURILOR INDUSTRIALE DIN BETON ARMAT DIN ROMÂNIA

Siguranța și durabilitatea structurii coșurilor de fum depind atât de acuratețea dimensionării la acțiuni statice și dinamice, dar și de performanțele și durabilitatea materialelor de izolație termică și anticorozivă.

COMPORTAREA ÎN TIMP A COȘURILOR INDUSTRIALE DIN BETON ARMAT DIN ROMÂNIA

În viitor trebuie acordată o mai mare atenție alcătuirii și dimensionării structurilor la acțiunea termică, atât sub aspectul definirii corecte a câmpului termic, cât și sub aspectul modelării structurii și în special a rigidităților acesteia.

COMPORTAREA ÎN TIMP A COȘURILOR INDUSTRIALE DIN BETON ARMAT DIN ROMÂNIA

Execuția lucrărilor de reabilitare necesită o analiză in situ și prin calcul aprofundate, precum și un control riguros pe perioada executării lucrărilor, prin instituirea unui sistem funcțional și sigur de asigurare a calității execuției.

COMPORTAREA ÎN TIMP A COȘURILOR INDUSTRIALE DIN BETON ARMAT DIN ROMÂNIA

Avarierea structurii coșurilor de fum industriale din acțiunea termică și chimică este un fenomen aproape generalizat, și el se va agrava dacă nu se întreprind măsurile necesare de analiză și reabilitare.

COMPORTAREA ÎN TIMP A COȘURILOR INDUSTRIALE DIN BETON ARMAT DIN ROMÂNIA

Având în vedere eforturile importante de investiție necesare pentru modernizarea și re tehnologizarea centralelor, atât pentru creșterea randamentului, precum și pentru satisfacerea exigențelor din ce în ce mai mari de protecție a mediului, reabilitarea coșurilor de fum din beton armat se impune ca o necesitate stringentă.

COMPORTAREA ÎN TIMP A COȘURILOR INDUSTRIALE DIN BETON ARMAT DIN ROMÂNIA

Amplourea avariilor și caracterul ciclic al solicitărilor din variația de temperatură vor accentua degradarea continuă a structurilor, punând sub semnul întrebării siguranța lor la viitoarele cutremure puternice, precum și exploatarea lor normală.

Ca urmare, este necesară analiza la scară națională a tuturor structurilor și implementarea cât mai urgentă a măsurilor de intervenție pentru reabilitarea și consolidarea lor.